

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 High-Level Synthesis of LSIs from Large Behavioral Descriptions
(大規模動作記述からのLSIの高位合成)
氏 名 原 祐子

論 文 内 容 の 要 旨

LSIの大規模複雑化に伴い、ハードウェア記述言語 (HDL) による従来のレジスタ転送レベル (RTL) 設計は設計生産性の限界に近づきつつある。近年、動作記述から RTL 回路を自動設計する技術である高位合成が、従来の RTL 設計に代わる LSI 設計技術として期待されている。しかしながら、高位合成により自動生成された RTL 回路は、HDL による従来の RTL 設計で手設計されたそれに劣るという問題がある。この問題は、特に大規模な回路設計において顕著に現れる。そのため、いまだ LSI 設計の主流は、従来の RTL 設計から高位合成へ完全には移行していない。これまで多くの高位合成の研究がなされてきたが、そのほとんどは非常に小さいプログラムで実験・評価しており、現実的なアプリケーションを使っていない。現状、大規模動作記述からの高位合成における問題点が十分取り組まれておらず、大規模動作記述からの高位合成技術はいまだ未熟である。

実用的な高位合成技術の開発を促進することを目的とし、C ベース高位合成のためのベンチマークプログラムスイート、CHStone を提案する。CHStone は様々なアプリケーションドメインから選抜した、大きく、使いやすい 12 個の C プログラムから成る。これまでの C ベース高位合成の研究で使用されてきた多くの既存のベンチマークプログラムが 100 行未満の非常に小さいものであるのに対し、CHStone ベンチマークプログラムは数百～1,000 行以上と大きい。また、CHStone ベンチマークプログラムを様々な視点から定量的に解析し、その解析結果を示す。これらの解析結果は、CHStone ベンチマークプログラムを使って実験・評価する際に、ユーザにとって非常に有用である。さらに、それらの解析結果から、実用的な高位合成技術の研究・開発のために解決すべき問題点を明らかにする。CHStone は、すぐに高位合成可能な、様々な特徴を持った大きなプログラムから構成され、一般公開されている、C ベース高位合成のための最初のベンチマークスイートである。

CHStone ベンチマークプログラムの解析結果から、大規模な回路の高位合成において、動作記述分割は重要であるという見解に至った。動作記述分割とは、入力プログラムを複数の小さなサブプログラムに分割した後で、それぞれのサブプログラムに対して高位合成する手法である。動作記述分割には、回路面積の削減や性能向上など様々なメリットがある。これまでも動作記述分割について様々な研究がなされてきたが、それらは上記の研究で明らかにした問題に十分取り組んでいない。

次に、それらの問題を解決する、大規模逐次プログラムの分割手法を提案する。この手法を整数線形計画問題として定式化する。最初に、提案手法の有効性を確認するために、予備実験として、2つのハードウェアモジュールへの分割手法を示し、その効果を評価する。その後で、2分割手法をN分割手法へ拡張する。このN分割手法は、動作記述分割とハードウェアモジュール数Nを同時に最適化する。実験より、提案手法は、実際に高位合成を行う前に、既存の手法より広い設計空間を探索可能であることを示す。

最後に、上記の手法を拡張し、入力プログラムの関数レベルの並列性を考慮したN分割手法を提案する。上記の手法は、入力プログラムの関数レベルの並列性を考慮していないため、並列に実行可能な関数を持つプログラムに適用した場合、その並列性を活用できず、合成される回路の性能を最大限に生かせない可能性がある。それに対し、拡張した手法は、関数レベルの並列性を活用しつつ、最適な分割を決定する。本手法を整数計画問題として定式化する。実験より、本手法は、上記の手法を含めた既存の手法では探索できなかった解を探索可能であることを示す。さらに、本手法と既存の手法は補完的な位置づけにあり、これらを組み合わせることで、より広い設計空間を探索可能であることを示す。